

3.1 基础知识

3.1.1 地址解析方法

1. 静态映射 IP 地址到 MAC 地址

ARP(Address Resolution Protocol,地址解析协议)是一个位于 TCP/IP 协议栈中的低层协议,负责将某个 IP 地址解析成对应的 MAC 地址。

当一个基于 TCP/IP 的应用程序需要从一台主机发送数据给另一台主机时,它把信息分割并封装成包,附上目的主机的 IP 地址。然后,寻找 IP 地址到实际 MAC 地址的映射,这需要发送 ARP 广播消息。当 ARP 找到了目的主机 MAC 地址后,就可以形成待发送帧的完整以太网帧头。最后,协议栈将 IP 包封装到以太网帧中进行传送。

2. 映射主机域名到 IP 地址

DNS 是 Domain Name System(域名系统)的缩写,该系统用于命名组织到域层次结构中的计算机和网络服务。在 Internet 上域名与 IP 地址之间是一对一(或者一对多)的,域名虽然便于人们记忆,但机器之间只能互相认识 IP 地址,它们之间的转换工作称为域名解析,域名解析需要由专门的域名解析服务器来完成,DNS 就是进行域名解析的服务器。DNS 命名用于 Internet 等 TCP/IP 网络中,通过用户友好的名称查找计算机和服务。当用户在应用程序中输入 DNS 名称时,DNS 服务可以将此名称解析为与之相关的其他信息,如 IP 地址。

3.1.2 广播包处理

广播是以某个特定物理网络上的所有主机为目的地的数据包。主机通过特殊地址识别广播。广播被几个重要的 Internet 协议使用。因为广播包有使网络超载的潜在可能,所以控制广播包对一个 IP 网络的正常运行是必要的。

IOS 支持两种类型的广播:定向广播和泛洪广播(也称为全向广播)。

3.1.3 自治系统

AS(自治系统)是在单一技术管理下,采用同一种内部网关协议和统一度量值在 AS 内转发数据包,并采用一种外部网关协议将数据包转发到其他 AS 的一组路由器。AS 是网络的集合,或更确切地说,是连接这些网络的路由器的集合,这些路由器位于同一管理机构管理之下并共享共同的路由策略。

3.1.4 路由技术

所谓路由,是被用来把来自一台设备的数据包穿过网络发送到位于另一个网段的设备上的路径信息。它具体表现为路由表里的条目。

路由技术就是使路由器学习到路由,对路由进行控制,并且维护这些路由的完整,无差错的技术。要想使路由有效地工作,必须具备以下条件:

(1) 要知道目的地址。假如不知道数据包的目的地址,就没办法为数据包路由了。

(2) 有可以学到路由的资源。这包括两个方面:路由器要么从相邻的路由器那里学到路由,要么由网络管理员手动地配置路由。但是,有一种路由是不用学就可以得到的,那就是直接连接在该路由器的接口上的网段。

(3) 有可能到达目的网络的路径。只是有了可以学到路由的资源还是不行,这些资源里没有人知道到达目的地的路径,还是一样不能路由。

(4) 在众多可能到达目的 IP 地址的路径中有最佳的路由。一般情况下,可能会有多条路径到达目的网段,还需要在它们中间选择最佳的路径作为路由。

(5) 管理和维护路由信息。如果出现了错误的路由,后果是很严重的,数据包会被发往到那个错误的位置,网络就不通畅,甚至完全地瘫痪掉。

以上这些方面,都是实施路由技术所要考虑的,所有路由技术不只是使用什么路由协议的问题,它是一整套关于如何实施路由的策略。

3.1.5 路由表

在计算机网络中,路由表或称路由择域信息库(RIB)是一个存储在路由器或者联网计算机中的电子表格(文件)或者数据库。路由表存储着指向特定网络地址的路径。路由表中含有网络周边的拓扑信息。路由表建立的主要目标是为了实现路由协议和静态路由选择。

3.1.6 管辖距离

管辖距离(Administrative Distance,AD)是在路由上附加的一个度量,用来描述路由的可信度。不同的路由协议使用的逻辑和度量都是不同的,当同时使用多个路由协议时,路由器必须知道哪一个给出的是最准确的信息。Cisco 解决这个问题是通过给每个路由协议指定一个管辖距离,在查看了管辖距离之后才看度量。

3.1.7 度量值

所谓度量值(Metric)就是路由协议根据自己的路由算法计算出来的一条路径的优先级。当有多条路径到达同一个目的地时,度量值最小的路径是最佳的路径,应该进入路由表。

各种路由协议的度量值各不相同。例如,RIP 是用路径上经过路由器的数量(也就是跳数)作为度量值,OSPF 协议则是用路径的带宽来计算度量值的。

3.1.8 路由更新

拓扑结构的变化与网络上每台路由器的路由表作出的相应改变之间所需的时间称为收

敛时间。收敛是指为使所有的路由表具有一致的信息并且处于稳定状态所作出的动作。使路由协议具有短的收敛时间是十分必要的,因为在路由器计算新的路由时可能会产生路由中断或路由环。

路由更新可以包含路由器的整个路由表,或者仅包含变化的那部分。这些通信对于路由器及时接收到关于路由环境的可信的完整信息,保持路由表的准确性,以及允许选择最优路由是必不可少的。根据所使用的路由协议,路由更新可以定期发出,或者可以由拓扑结构的变动而触发。

3.1.9 路由查找

一般地,路由器查找路由的顺序是直连网络、静态路由、动态路由,如果以上路由表中都没有合适的路由,则通过默认路由将包传输出去。综合使用动态路由、静态路由和默认路由,以保证路由的冗余。

初始时路由器使用直连网络或子网的路由,然后扫描路由表中匹配项目的操作步骤如下:

(1) 首先使用子网掩码来确定数据包的网络地址,并且对路由表进行扫描。如果在路由表中有多条与目的地匹配的表项,则最长匹配查找(即用尽量长的子网掩码位)与该网络地址相匹配的路由,并将数据包发送给该路由表中设定的下一跳地址。

(2) 如果不存在这样的路由表项,就寻找一个默认路由,然后就将数据包发送给该路由表中设定的下一跳地址。

(3) 如果不存在这样的默认路由,IP 就将一个 ICMP“目的不可达”的消息发送给数据包的源系统。

3.1.10 静态路由和动态路由

静态路由是由网络管理员手动配置在路由器的路由表里的路由。静态路由的基本思想是,如果想要路由器知道某个网络,就手工输入这些路径。静态路由十分容易理解也十分容易配置,至少在一个小型网络中是如此,而且无疑是最简单的路由方法。

动态路由是网络中的路由器之间相互通信,传递路由信息,利用收到的路由信息更新路由器表的过程。它能实时地适应网络结构的变化。如果路由更新信息表明发生了网络变化,路由选择软件就会重新计算路由,并发出新的路由更新信息。这些信息通过各个网络,引起各路由器重新启动其路由算法,并更新各自的路由表以动态地反映网络拓扑变化。动态路由适用于网络规模大、网络拓扑复杂的网络。当然,各种动态路由协议会不同程度地占用网络带宽和 CPU 资源。

静态路由和动态路由有各自的特点和适用范围,因此在网络中动态路由通常作为静态路由的补充。当一个分组在路由器中进行寻径时,路由器首先查找静态路由,如果查到则根据相应的静态路由转发分组;否则再查找动态路由。

3.1.11 默认路由

默认路由(default route),是对 IP 数据包中的目的地址找不到存在的其他路由时,路由

器所选择的路由。目的地不在路由器的路由表里的所有数据包都会使用默认路由。这条路由一般会连去另一个路由器,而这个路由器也同样处理数据包:如果知道应该怎么路由这个数据包,则数据包会被转发到已知的路由;否则,数据包会被转发到默认路由,从而到达另一个路由器。每次转发,路由都增加了一跳的距离。

3.1.12 汇总路由

路由汇总又称路由汇聚。路由汇总的含义是把一组路由汇总为一个单个的路由广播。路由汇总的最终结果和最明显的好处是缩小网络上的路由表的尺寸。这样将减少与每一个路由跳有关的延迟,因为由于减少了路由登录项数量,查询路由表的平均时间将加快。由于路由登录项广播的数量减少,路由协议的开销也将显著减少。随着整个网络(以及子网的数量)的扩大,路由汇总将变得更加重要。

除了缩小路由表的尺寸之外,路由汇总还能通过在网络连接断开之后限制路由通信的传播来提高网络的稳定性。如果一台路由器仅向下一个下游的路由器发送汇聚的路由,那么,它就不会广播与汇总的范围内包含的具体子网有关的变化。

3.1.13 DHCP 概述

动态主机控制协议(DHCP)能够自动分配重用 IP 地址到 DHCP 客户。Cisco IOS DHCP 服务器是完整的 DHCP 服务器,用于分配和管理来自在路由器上指定地址池的 IP 地址给 DHCP 客户。如果 Cisco IOS DHCP 服务器不能根据自己的数据库满足 DHCP 请求,它能够转发请求到一个或者多个辅助由网络管理员定义的 DHCP 服务器。

图 3.1 显示了当 DHCP 客户从 DHCP 服务器请求一个 IP 地址发生的基本过程。

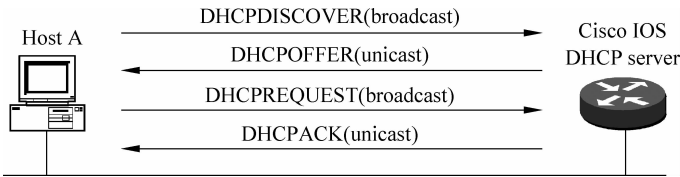


图 3.1 DHCP 工作基本步骤

3.2 实验 1 路由器的背对背连接

3.2.1 实验拓扑

两台路由器通过串口线背对背连接,定义 Router0 为 DTE 设备,Router1 为 DCE 设备,传输率为 64 000k,见图 3.2。

设备名	IP 地址	端口
Router0	192.168.0.1	S2/0
Router1	192.168.0.2	S2/0



图 3.2 路由器背对背连接

3.2.2 实验内容

通过对路由器 router0 和路由器 router1 的配置,练习在串行线路上的配置,使路由器可以通过串行线路通信。

- (1) 掌握路由器的 IP 地址和传输率设置方法。
- (2) 进行连通测试。

3.2.3 实验步骤

- (1) 设置 IP 地址和传输率。

```
Router0 > ena
Router0 # conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router0(config) # int s2/0
Router0(config-if) # ip add 192.168.0.1 255.255.255.0
Router0(config-if) # no shut

% LINK - 5 - CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to down

Router1 > ena
Router1 # conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router1(config) # int s2/0
Router1(config-if) # ip add 192.168.0.2 255.255.255.0
Router1(config-if) # clock rate 64000
Router1(config-if) # no shut

% LINK - 5 - CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to up
```

【提示】 串行通信需要设置 DTE 设备和 DCE 设备,由 DCE 设备提供传输率,传输率设置可以根据提示选择相应数值。

- (2) 连通测试。

```
Router # ping 192.168.0.2

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100 - byte ICMP Echos to 192.168.0.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 2/4/7 ms
```

3.3 实验 2 静态路由协议

3.3.1 实验拓扑

两台路由器直连,分别管控两个子网,子网由 PC1 和 PC2 模拟构成,见图 3.3。

设备名	IP 地址	端口
Router0	192.168.0.1	Fa0/0
Router0	16.16.1.1	S2/0
Router1(DCE)	172.16.0.1	Fa0/0
Router1(DCE)	16.16.1.2	S2/0
PC1	192.168.0.2	Fa0
PC2	172.16.0.2	Fa0

3.3.2 实验内容

- 掌握路由器静态路由配置方法。
- (1) 掌握静态路由配置命令使用方法。
 - (2) 查看路由表项。
 - (3) 正确配置静态路由实现连通。

3.3.3 实验步骤

- (1) 路由器上配置 IP 地址、传输率,实现相邻设备连通。

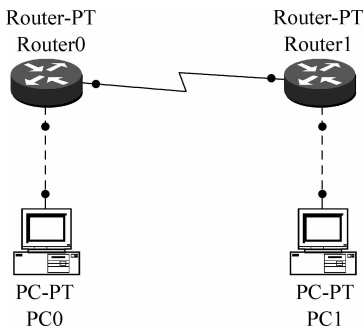


图 3.3 静态路由连接方式

```
Router0 # conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router0(config) # int s2/0
Router0(config-if) # ip add 16.16.1.1 255.255.255.0
Router0(config-if) # no shut
Router0(config-if) # int f0/0
Router0(config-if) # ip add 192.168.0.1 255.255.255.0
Router0(config-if) # no shut
Router0(config-if) # end
```

```
Router1 # conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router1(config) # int s2/0
Router1(config-if) # ip add 16.16.1.2 255.255.255.0
Router1(config-if) # clock rate 64000
Router1(config-if) # no shut
Router1(config-if) # int f0/0
Router1(config-if) # ip add 172.16.0.1 255.255.255.0
```

```
Router1(config-if) # no shut
Router1(config-if) # end
```

```
Router1# ping 16.16.1.1
```

```
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100 - byte ICMP Echos to 16.16.1.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/11/36 ms
```

(2) 配置静态路由。

```
Router0(config) # ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 serial 2/0
Router0(config) # end
```

//下一跳为接口形式,s2/0 是点对点的链路,注意应该是 router0 上的 s2/0 接口。

```
Router1(config) # ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 s2/0
Router1(config) # end
```

【提示】 也可以配置下一跳为 IP 地址形式,例如:

```
Router0(config) # ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 16.16.1.2
```

其中,“16.16.1.2”为 router1 的 IP 地址。

(3) 测试连通性,并查看路由表。

```
PC1>ping 192.168.0.2
```

```
Pinging 192.168.0.2 with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 192.168.0.2: bytes = 32 time = 18ms TTL = 126
Reply from 192.168.0.2: bytes = 32 time = 15ms TTL = 126
Reply from 192.168.0.2: bytes = 32 time = 8ms TTL = 126
Reply from 192.168.0.2: bytes = 32 time = 33ms TTL = 126
```

```
Ping statistics for 192.168.0.2:
```

```
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
Minimum = 8ms, Maximum = 33ms, Average = 18ms
```

//通过测试验证两子网连通成功。

```
Router0# show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS - IS, L1 - IS - IS level - 1, L2 - IS - IS level - 2, ia - IS - IS inter area
       * - candidate default, U - per - user static route, o - ODR
```

```
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

16.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    16.16.1.0 is directly connected, Serial2/0
172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S    172.16.0.0 is directly connected, Serial2/0
C    192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

//根据提示信息,可以了解路由器 router0 的连通情况,两个直连网络和一个静态路由协议网络。

3.4 实验 3 默认路由

3.4.1 实验拓扑

两台路由器直连,分别管控两个子网,子网由 PC1 和 PC2 模拟构成,见图 3.4。

设备名	IP 地址	端口
Router0	192.168.0.1	Fa0/0
Router0	16.16.1.1	S2/0
Router1(DCE)	172.16.0.1	Fa0/0
Router1(DCE)	16.16.1.2	S2/0
PC1	192.168.0.2	Fa0
PC2	172.16.0.2	Fa0

3.4.2 实验内容

- (1) 了解默认路由工作原理。
- (2) 掌握默认路由配置过程。

3.4.3 实验步骤

该实验可以在静态路由基础上进行。

- (1) 删除原有静态路由。

```
Router0(config)# no ip route 172.16.0.0 255.255.255.0 s2/0
```

```
Router1(config)# no ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 s2/0
```

//删除原有命令可以在原命令前加“no”。

- (2) 配置默认路由。

```
Router0(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 serial 2/0
```

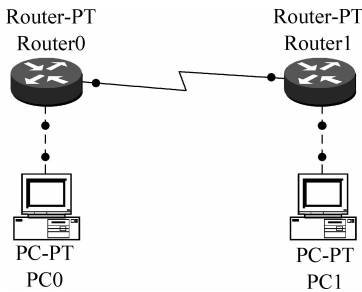


图 3.4 设置默认路由协议

```
Router1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 s2/0
```

(3) 连通测试。

```
Router1# ping
Protocol [ ip]:
Target IP address: 192.168.0.1
Repeat count [ 5]:
Datagram size [100]:
Timeout in seconds [ 2]:
Extended commands [ n]:
Sweep range of sizes [ n]:
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100 - byte ICMP Echos to 192.168.0.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/5 ms
```

【提示】 首先,验证默认路由与静态路由之间的区别;然后,了解 ping 命令不带参数形式的使用方法。

3.5 实验 4 DHCP 基本配置

3.5.1 实验拓扑

一台路由器通过一台交换机管辖三台 PC,为其动态分配 IP 等网络参数,见图 3.5。

设备名	IP 地址	端口
Router0	192.168.0.1	Fa0/0
PC0	192.168.0.2	Fa0
PC1	192.168.0.3	Fa0
PC2	192.168.0.4	Fa0

3.5.2 实验内容

- (1) 掌握 DHCP 工作原理和工作方法。
- (2) DHCP 服务器基本配置。
- (3) 客户端配置。

3.5.3 实验步骤

- (1) 配置路由器提供 DHCP 服务。

```
Router(config)# ip dhcp pool pool1

//定义地址池,命名 pool1。
```

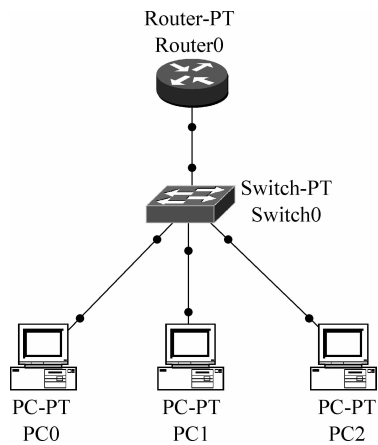


图 3.5 DHCP 连接方式

```
Router(dhcp-config) # network 192.168.0.0 255.255.255.0
Router(dhcp-config) # default-router 192.168.0.1
```

//定义默认网关,即连接端口 f0/0。

```
Router(dhcp-config) # dns-server 192.168.0.5
```

//定义 DNS 服务器。

```
Router(dhcp-config) # option 150 ip 192.168.0.6
```

//定义 TFTP 服务器。

```
Router(dhcp-config) # exit
Router(config) # ip dhcp excluded-address 192.168.0.2 192.168.0.10
Router(config) # end
```

//保留 IP 地址范围。

(2) 设置 PC 客户端,见图 3.6。

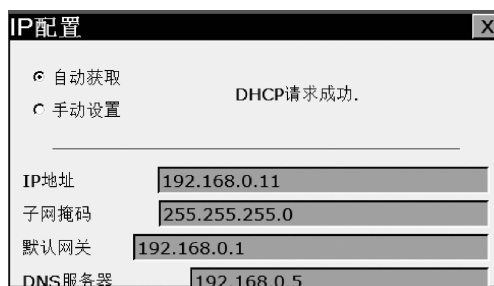


图 3.6 设置 PC 客户端

//将 IP 配置改为自动获取,可以看到自动分配 IP 地址、DNS 服务器等参数。

```
PC0> ipconfig /all
```

```
Physical Address.....: 00E0.F96D.BD5C
IP Address.....: 192.168.0.11
Subnet Mask.....: 255.255.255.0
Default Gateway.....: 192.168.0.1
DNS Servers.....: 192.168.0.5
```

(3) 查看路由器配置情况。

```
Router# show ip dhcp binding
```

IP address	Client - ID/ Hardware address	Lease expiration	Type
192.168.0.11	00E0.F96D.BD5C	--	Automatic
192.168.0.12	00D0.585D.8DA2	--	Automatic
192.168.0.13	00E0.8F77.EAE2	--	Automatic

//以上表示 DHCP 服务器自动分配给客户端的 IP 地址以及对应的 MAC 地址情况。

3.6 实验 5 DHCP 中继配置

3.6.1 实验拓扑

如图 3.7 所示,Router0 担任 DHCP 服务器的角色,负责向 PC0 所在网络和 PC1 所在网络的主机动态分配 IP 地址,所以 Router0 上需要定义两个地址池,Router1 负责中继。整个网络运行 RIPv2 协议,确保网络 IP 连通性。

设备名	IP 地址	端口
Router0	192.168.0.1	Fa0/0
Router0	16.16.1.1	S2/0
Router1	172.16.0.1	Fa0/0
Router1	16.16.1.2	S2/0
PC0	--	Fa0
PC1	--	Fa0

3.6.2 实验内容

通过本实验可以掌握通过 DHCP 中继实现跨网络的 DHCP 服务。

- (1) 掌握 DHCP 中继服务工作原理和工作方法。
- (2) 掌握 DHCP 中继服务器配置过程。

3.6.3 实验步骤

- (1) 配置路由器 Router0 的 DHCP 服务。

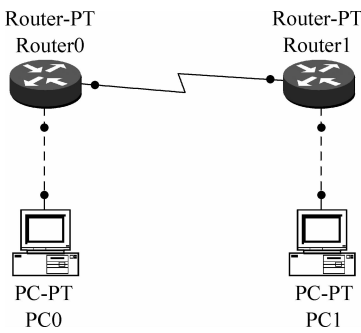


图 3.7 DHCP 中继实验

```
Router>ena
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hos router0
Router0(config)#int f0/0
Router0(config-if)#ip add 192.168.0.1 255.255.255.0
Router0(config-if)#no shut

% LINK - 5 - CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up

% LINEPROTO - 5 - UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up

Router0(config-if)#exit
Router0(config)#router rip
Router0(config-router)#net 192.168.0.0
Router0(config-router)#net 16.16.1.0
Router0(config-router)#exit
```

//使用 RIP 路由协议,保障网络通畅,后面章节具体介绍。

```
Router0(config) # ip dhcp pool pool0
Router0(dhcp-config) # net 192.168.0.0 255.255.255.0
Router0(dhcp-config) # def 192.168.0.1
Router0(dhcp-config) # dns-server 192.168.0.3
Router0(dhcp-config) # option 150 ip 192.168.0.4
Router0(dhcp-config) # exit
Router0(config) # ip dhcp excluded-address 192.168.0.1 192.168.0.5
```

//定义 PC0 所在地址池。

```
Router0(config) # ip dhcp pool pool1
Router0(dhcp-config) # network 172.16.0.0 255.255.255.0
Router0(dhcp-config) # default-router 172.16.0.1
Router0(dhcp-config) # dns-server 192.168.0.3
Router0(dhcp-config) # option 150 ip 192.168.0.4
Router0(dhcp-config) # exit
Router0(config) # ip dhcp excluded-address 172.16.0.1 172.16.0.5
```

//定义 PC1 所在地址池。

(2) 配置路由器 Router1 的中继服务。

```
Router # conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config) # hos router1
Router1(config) # int f0/0
Router1(config-if) # ip add 172.16.0.1 255.255.255.0
Router1(config-if) # no shut

% LINK - 5 - CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up

% LINEPROTO - 5 - UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up

Router1(config-if) # int s2/0
Router1(config-if) # ip add 16.16.1.2 255.255.255.0
Router1(config-if) # clock rate 64000
Router1(config-if) # no shut

% LINK - 5 - CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to down
Router1(config-if) # int f0/0
Router1(config-if) # ip helper-address 16.16.1.1
```

//配置中继路由器地址。

```
Router1(config-if) # no shut
Router1(config-if) # exit
Router1(config) # router rip
Router1(config-router) # net 16.16.1.0
Router1(config-router) # net 172.16.0.0
Router1(config-router) # end
```

(3) 客户端测试。

```
PC0> ipconfig /all
Physical Address.....: 0060.4720.1D1B
IP Address.....: 192.168.0.6
Subnet Mask.....: 255.255.255.0
Default Gateway.....: 192.168.0.1
DNS Servers.....: 192.168.0.3
```

```
PC1> ipconfig /all
Physical Address.....: 0001.4373.EE79
IP Address.....: 172.16.0.6
Subnet Mask.....: 255.255.255.0
Default Gateway.....: 172.16.0.1
DNS Servers.....: 192.168.0.3
```

(4) 路由器中继测试。

```
Router0 # show ip dhcp binding
```

IP address	Client - ID/ Hardware address	Lease expiration	Type
192.168.0.6	0060.4720.1D1B	--	Automatic
172.16.0.6	0001.4373.EE79	--	Automatic

```
Router1 # show ip interface
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up (connected)
  Internet address is 172.16.0.1/24
  Broadcast address is 255.255.255.255
  Address determined by setup command
  MTU is 1500
  Helper address is 16.16.1.1
  .....
```

//可以看到 f0/0 使用了帮助地址 16.16.1.1。